

一种适用于宽带无线多媒体网络的上行带宽分配方案^{*}

李 黎 朱光喜

(华中科技大学电子与信息工程系 武汉 430074)

摘 要 提出了一种适用于宽带无线多媒体网络的上行无线带宽分配方案。该方案将业务数据分为 3 种类型,即实时恒定速率业务、恒定变速率业务、非实时业务,针对不同业务对时延和带宽的不同需求,采取不同的方法获取上行带宽,较好地解决了多业务并发时的上行带宽分配问题,较传统技术提高了带宽利用率,减少了协议开销和传输时延。在详细描述算法的基础上,建立了对应的仿真系统对算法进行了验证。

关键词 无线资源管理,实时业务,带宽分配,微时隙,服务质量

Uplink Bandwidth Allocation Method for Broadband Wireless Multimedia Networks

LI Li ZHU Guang-Xi

(Dept. of Electronics & Information Eng., Huazhong Univ. of Sci. & Tech., Wuhan 430074)

Abstract A new uplink bandwidth resource allocation scheme for broadband wireless multimedia systems was proposed. In this new method, all services were differentiated by the three types: real-time invariable rate services, real-time variable rate services and non-real-time services. According to the different requirements of delay and bandwidth of different services, this method adopted different algorithm to allocate uplink bandwidth, successfully resolved the uplink bandwidth allocation problem for the simultaneous multiple services, and also reduced the protocol wasting and transmission delay. The detailed illustration of the algorithm was proposed and the performance was evaluated by experiments.

Keywords Radio resource management, Real-time service, Bandwidth allocation, Mini-slot, Quality of service

1 引言

近年来,无线通信领域发展空前迅速。未来移动通信系统的设计目标是提供广泛覆盖且速率达到 100 Mbit/s 以上的宽带,支持实时音频和视频等多媒体业务^[1]。由于通信技术的发展,使无线频率利用率大大提高,但仍然不及宽带骨干网上的高容量;而且无线系统没有完善的无线载波监听,用户在传送信息时并不知道别的用户是否同时在传送,如果发生了碰撞,将造成无线资源的浪费;再加上移动用户对实时和非实时业务多样性需求的不断增长、对服务质量 QoS(Quality of Service)要求的进一步提高,这都使无线资源仍然非常宝贵。因此,设计高效率的无线资源管理方案,为各种多媒体业务进行资源的分配与调度,使各用户有效地共享无线资源,对于保证 QoS 非常重要^[2]。

常见的无线资源管理主要包含多点接入和 QoS 控制两个方面^[3]。多点接入主要是负责用户的初始接入以及是否能拥有无线资源,用以保证用户对网络资源的快速获取,提高无线资源的利用率。多点接入技术从其基本策略上可以划分为两大类:随机接入和受控接入。此外,还有结合两者特征的混和类型。QoS 控制技术则从业务、数据流和时间的角度对无线资源的划分做出更详细的规定,使网络资源能满足业务对不同传输质量的要求。

在传统的无线通信网络中,提供的业务少(主要是话音业

务和少量的低速数据业务),无线资源分配方式较为固定,使用效率不高。在现代宽带无线通信系统中,传输带宽大大提高,往往需要同时支持突发性强强的数据业务和固定带宽的语音业务。因此,高效地分配利用无线资源、提高网络带宽的综合利用率具有非常重要的意义。为了更好地支持宽带多用户、多业务的同时通信,更加充分地利用有限的无线链路资源,本文针对宽带无线多媒体网络的数据链路层设计提出了一种新的上行无线带宽资源分配方法。

2 带宽资源分配方案

2.1 信道结构模型

上行信道和下行信道的结构如图 1 所示。上行信道沿时间轴分为多个定长的上行时隙(Uplink Slot),以上行时隙为单位进行接入申请和数据发送。每个上行时隙在时序上又分为两部分:控制信道(Control Channel)和上行数据发送信道(Uplink Transmission Channel)。控制信道由 M 个微时隙(mini-slot)^[4]组成,在微时隙中发送申请帧和释放帧;上行数据发送信道用于上行数据发送,分为 N 个发送单元,一个协议数据 PDU 占用一个发送单元。

下行信道分为 3 部分:确认信道(ACK Channel),发送确认帧,对正确收到的上行控制帧(申请帧和释放帧)进行确认,并广播控制信道微时隙的调整结果;发送允许信道(Transmission Permission Channel),广播基站对上行资源分配结果

^{*}国家自然科学基金项目“未来移动通信系统基础理论技术研究(No:60496310)、高技术发展研究基金资助项目“新一代蜂窝移动通信系统无线传输链路技术研究”(No. 2003AA12331005)。李 黎 博士研究生,主要研究方向为宽带计算机网络与通信技术;朱光喜 教授,博士生导师,主要研究方向为多媒体通信。

帧;下行数据发送信道(Downlink Transmission Channel)。

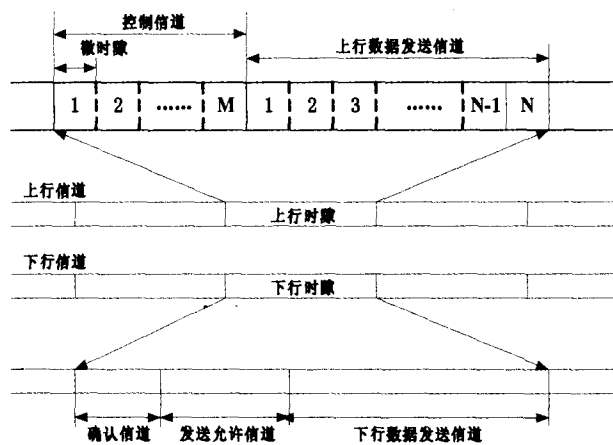


图1 上行信道和下行信道的结构模型

2.2 算法描述

如图2所示,上行无线资源分配算法由基站端部分和移动用户终端部分组成。其基本流程是移动站通过上行控制信道发送上行带宽请求信息,基站按照特定的算法进行上行带宽分配,并且每个传输时隙都通过发送允许信道广播其分配结果。

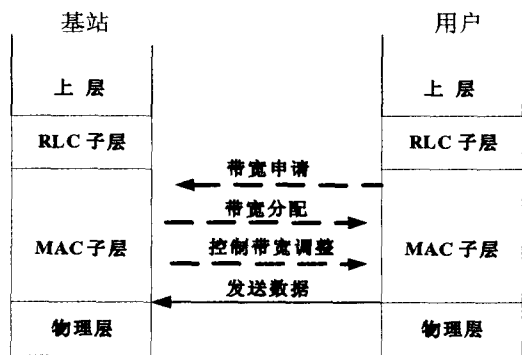


图2 上行带宽分配基本流程

在移动终端,当上层指示有业务数据到达时,按照预定的匹配策略将业务数据划分为3种类型:实时恒定速率业务(如在线视频点播)、实时变速率业务(如某些语音视频会议)和非实时业务(如文本服务、FTP下载服务),对于这3种类型分别采取不同的方法获取上行带宽。

对于实时恒定速率业务,用户终端的无线资源分配单元随机选取上行控制信道中的一个微时隙,发送上行数据带宽申请信息。如果在设定时间内没有收到基站的应答,则采取随机指数退避的方式,延迟重新发送申请,直至收到基站的肯定或者否定的应答。

当实时恒定速率业务结束后,移动站发送带宽释放帧。如果在设定时间内没有收到基站的应答,则采取和申请时相同的随机指数退避的方式,延迟重新发送释放帧,直至收到基站的应答。基站的操作则是被动地应答移动站的信息。当收到实时恒定速率业务的申请时,如果有足够的上行资源,则通过确认信道给移动站一个肯定的应答,并按照用户申请的数据包到达周期和数据包大小,为移动站周期性分配上行带宽资源。当收到业务的释放信息时,则通过确认信道返回给移动站一个释放确认帧,同时停止给移动站分配对应的上行带宽。移动终端根据基站的上行数据带宽分配指示进行数据的发送。实时恒定速率业务的申请、释放的状态转移如图3所示。

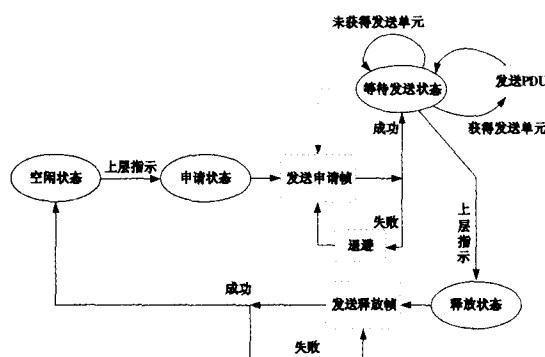


图3 实时恒定速率业务申请、发送、释放状态转移图

对于实时变速率业务,移动终端的无线资源分配单元随机选取上行控制信道中的一个微时隙,发送上行控制带宽申请信息。如果在设定时间内没有收到基站的应答,则采取随机指数退避的方式,延迟重新发送申请,直至收到基站的肯定或者否定的应答。基站收到移动站实时变速率业务的控制带宽申请信息后,为该移动站分配一条专用的控制信道的微时隙,同时向其它用户广播控制信道微时隙的调整结果。移动站通过独占这个微时隙来发送数据带宽申请信息,基站根据该申请信息实时为移动终端分配带宽。移动终端根据该分配结果发送上行变速率业务。

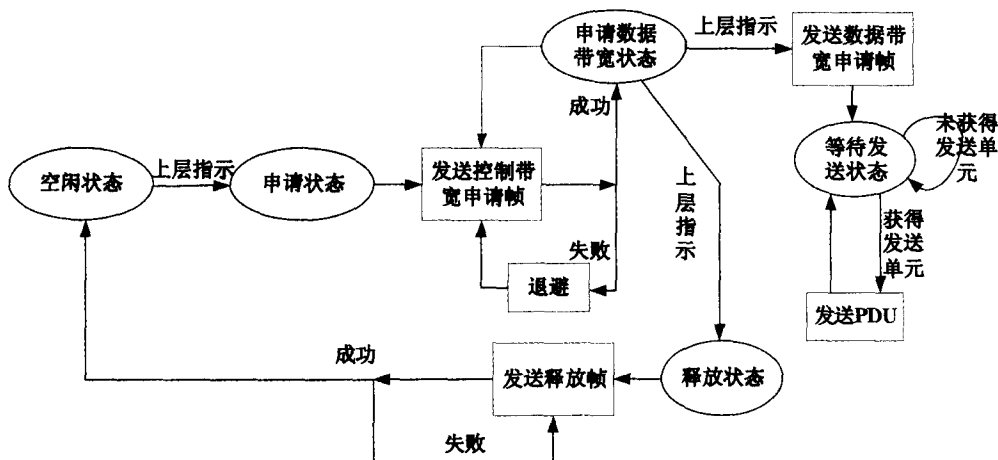


图4 实时变速率业务申请、发送、释放状态转移图

当实时变速率业务结束后,移动站发送带宽释放帧。如果在设定时间内没有收到基站的应答,则采取和申请时相同的随机指数退避的方式,延迟重新发送放弃帧,直至收到基站的应答。基站收到业务的释放信息时,则通过确认信道返回给移动站一个释放确认帧,同时再次广播控制信道微时隙的调整结果。实时变速率业务的申请、释放的状态转移如图 4 所示。

对于非实时业务,移动终端采取一次申请、多次分配的方

式。终端的无线资源分配单元随机选取上行控制信道中的一个微时隙,发送上行数据带宽申请信息。如果在设定时间内没有收到基站的应答,则采取随机指数退避的方式,延迟重新发送申请。

基站收到非实时业务的上行数据带宽申请后,直接进行上行数据带宽的分配,移动终端根据该分配结果发送上行变速率业务。非实时业务的申请和传输的状态转移如图 5 所示。

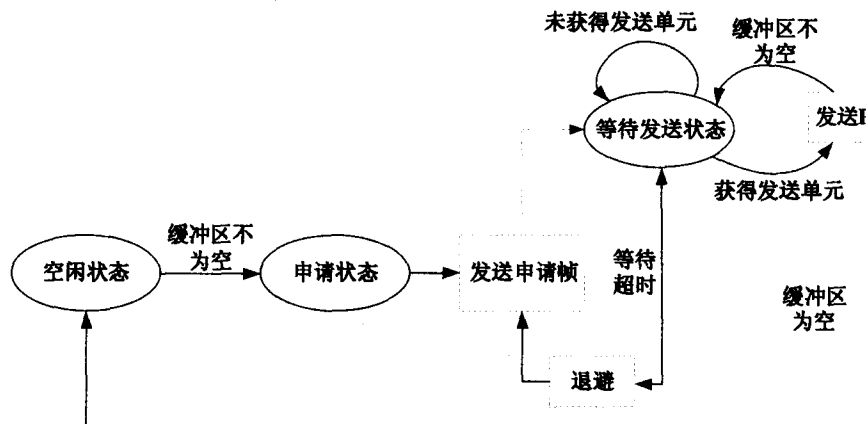


图 5 非实时业务申请、发送、释放状态转移图

基站可以根据上行控制信道上申请的冲突程度调整控制微时隙的个数和分布。当上行申请量增多,冲突增加时,基站可以将上行数据传输时隙划分为控制信道,以增加微时隙的个数,降低申请的冲突概率。当申请量减小时,基站可以将部分微时隙整合为上行数据传输时隙,增加上行数据带宽。利用这种动态调整机制,可以提高各种负载情况下系统上行带宽的利用率。

具体的调整可以依赖这 3 种情况:1)周期性地广播微时隙的个数和分布,以通知新接入的用户;2)当申请冲突增加或减少时,需要相应地增加或者减少微时隙的个数;3)当非实时性业务申请建立和释放的时候,必须调整微时隙的个数。

3 仿真结果及分析

在仿真中采用二状态 markov 的仿真信道模型。即假设一个 PDU 在信道中传输时,信道会有两种可能的状态:出错状态和无错状态。当传输一个 PDU 时,信道只能处于这两种状态之一;开始传输下一 PDU 时,信道可能会转换到另一状态,转换的概率是由当前的误帧率决定的。仿真系统包含一个基站和 32 个移动终端。上行带宽为 10Mbps,每个上行时隙包括 3 个微时隙和 32 个发送单元。

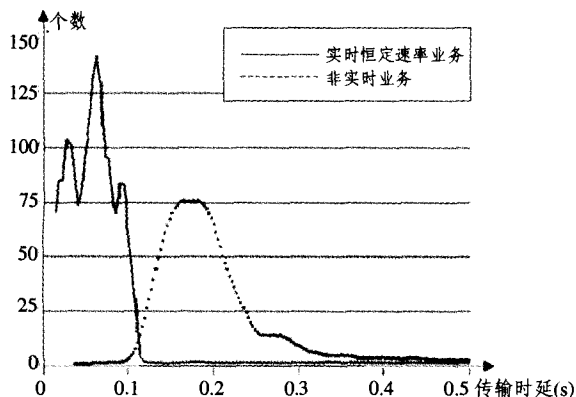


图 6 实时恒定速率业务和非实时业务的时延 PDF 比较

首先对实时恒定速率业务和非实时业务、实时变速率业务和非实时业务的时延概率密度分布(PDF)进行了比较,结果如图 6 和图 7 所示,其中虚线表示随机的非实时业务。可以看出,本文算法使实时业务的时延明显低于非实时业务,保证了实时业务的低时延要求。

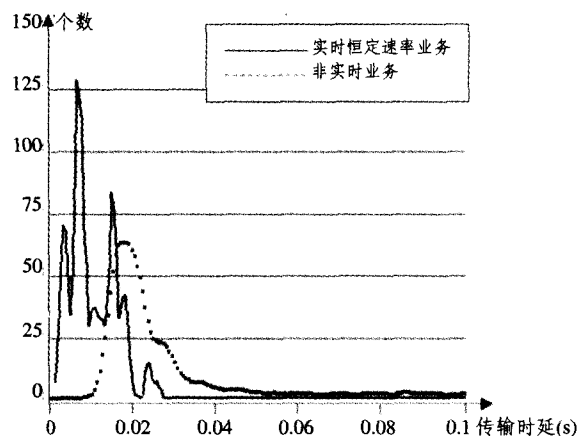


图 7 实时变速率业务和非实时业务的时延 PDF 比较

然后以经典的分布式请求更新多址协议(DQRUMA)算法^[6]与本文算法做性能对比。DQRUMA 是无线蜂窝网络集中式多点接入的原型。图 8 是在上行总业务量为 6.62Mbps 时,实时性业务量占总业务量不同比例的情况下,本文算法和传统 DQRUMA 申请成功概率的统计值。横坐标为实时性业务量占总业务量的比例,纵坐标为申请成功概率的统计值。图 9 是在上行总业务量为 6.62Mbps 时,实时性业务量占总业务量不同比例情况下,PDU 在发送缓冲区中等待发送的平均时延。从两图可以明显看出,随着实时性业务所占比例的增加,本文提出的算法性能优于传统 DQRUMA 算法。

结语 随着移动通信、数据通信和互联网的飞速发展(下转第 26 页)

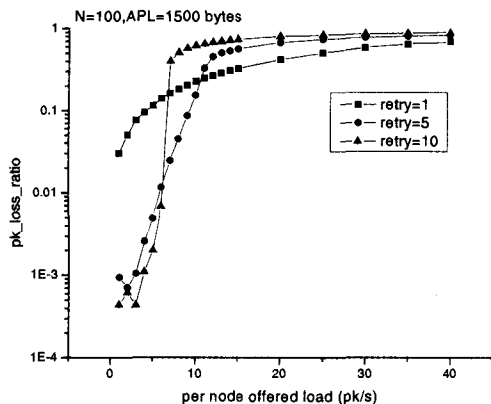


图 16 重传限定对 ABF-TDMA 丢包率的影响

从我们的仿真结果可以看到, ABF-TDMA 性能非常好, 尤其是分组长度较长、节点数目较多和重传限制在中等的环境下。

结论 我们描述和分析了一个新的适应 Ad Hoc 网络多址接入协议 ABF-TDMA, 它为每个节点分配一个时隙, 这样 RTS 和 CTS 可以无冲突地传输。一旦 RTS/CTS 成功交换, 自适应波束就以最小化干扰而形成。并且, 我们继续分析了 ABF-TDMA 的性能, 并通过仿真估计了其性能。可以看到, 仿真结果和理论结果非常接近。我们的仿真结果显示: 由于采用了简单的预约和自适应波束形成, ABF-TDMA 可以获得较大的通过率、较低的时延和较小的时延抖动和丢包率, 特别是分组长度较大和节点数较多的情况下。

参考文献

- 1 Oilonomou K, Stavrakakis I. Analysis of a Probabilistic Topology-Unaware TDMA MAC Policy for Ad Hoc Networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2004, 22(7): 1286~1300
- 2 WU Qi, GONG Zhong Lin. On the Performance of Genetic Algorithm Based Adaptive Beamforming. 2003 6th international Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory, 28 Oct-1 Nov 2003, 339~343
- 3 Bjorklund P, Varbrand P, Yuan D. Resource optimization of spatial TDMA in Ad Hoc radio networks: a column generation approach. In: *IEEE INFOCOM 2003*, 30 March-3 April 2003, 2: 818~824
- 4 Yang Jun, Li Jiandong, Sheng Min. Mac protocol for mobile Ad Hoc network with smart antennas. In: *IEE Electronics Letters*, 2003, 39(6): 555~557
- 5 Marina M K, Kondylis G D, Kozat U C. RBRP: a robust broadcast reservation protocol for mobile Ad Hoc networks. In: *IEEE ICC 2001*, 11-14 June 2001, 3: 878~885
- 6 IEEE Std 802.11. Wireless LAN Media Access Control (MAC) and Physical Layer (Phy) Specification. *IEEE Std*, 1999
- 7 Karn P. MACA-a new channel access method for packet radio. In: *Proc. ARRL/CRRL Amateur Radio 9th Computer Networking Conf*, 1990, 134~140
- 8 Bharghavan V, Demers S, Schenker S, et al. MACAW: a media access protocol for wireless LAN's. In: *Proc ACM SIGCOMM 1994*, Aug 31-Sept 2, 1994, London, UK, 1994, 212~215
- 9 Chlamtac I, Farago A, Zhang Hongbiao. Time-Spread multiple access (TSMa) protocols for multihop mobile radio networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 1997, 5(6): 804~812
- 10 Garces R, Garcia J J, Aceves L. Floor acquisition multiple access with collision resolution. In: *Proceedings of the 2nd Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, Rye, New York, United States, 1996, 187~197
- 11 Bertsekas D, Gallager R. *Data Network*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1992
- 12 Kleinrock L, Scholl M O. Packet Switching in Radio Channels: New Conflict-Free Multiple Access Schedule. *IEEE Transactions on Communications*, 1980, 28(7): 1015~1029

(上接第 20 页)

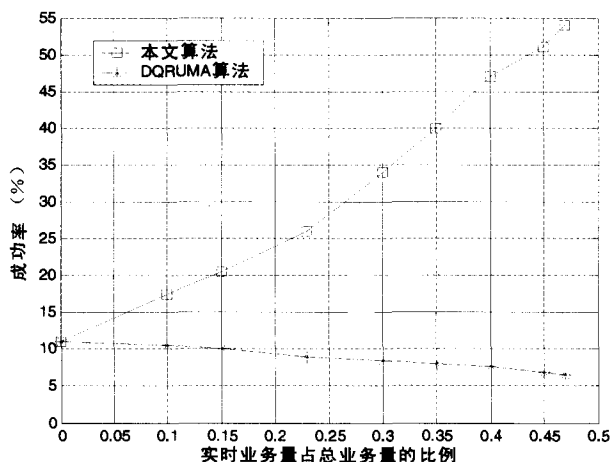


图 8 两种算法申请成功率比较

日益融合, 移动用户对业务多样性的需求不断增长、对服务质量的要求进一步提高, 新一代移动通信系统被要求支持更高发送速率、更大容量、服务更灵活、能够提供更多的多媒体业务。综合起来, 本文提出的无线带宽分配方案主要有以下优点: 对实时恒定速率业务、实时变速率业务分别采取不同的申请策略和分配策略, 提高了综合的带宽利用率; 采用动态微时隙, 由基站动态调整竞争时隙的个数, 提高了申请效率和带宽利用率; 将带宽申请的竞争冲突与实际数据传输隔离起来, 降低了冲突造成的损失。

参考文献

- 1 赵新胜, 尤肖虎. 未来移动通信系统中的无线资源管理[J]. 中兴

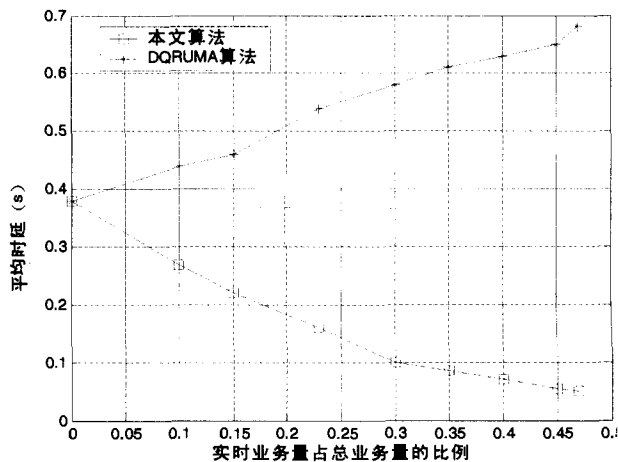


图 9 两种算法平均时延性能比较

- 1 通信技术, 2002(6): 7~10
- 2 Oliveria C, Kim J B, Suda T. An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for High-Speed Multimedia Wireless Networks [J]. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 1998(8): 858~873
- 3 Akyildiz I F, Mcnair J, HO J S M. Mobility Management in Next-Generation Wireless System [J]. *Proceedings of the IEEE*, 1999 (8): 1347~1384
- 4 Huang X, Tellambura C. Minislot reservation MAC protocol with co-operative channel (MRMA/COCH) for wireless packet networks [C]. In: *VTC'2000, IEEE Press*, 2000, 206~209
- 5 Karol M J, Liu Z, Eng K Y. Distributed-queueing request update multiple access (DQRUMA) for wireless packet (ATM) networks [C]. In: *ICC'95, IEEE Press*, 1995, 1224~1231